

А. А. Леонтьева

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург
*79826875923@yandex.kz
Научный руководитель — доц., канд. техн. наук О. Ю. Корниенко

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА
НА РАЗМЕР АУСТЕНИТНОГО ЗЕРНА ОБСАДНЫХ ТРУБ**

Изучена кинетика роста аустенитного зерна при нагреве стали 26Х1МФА. Методами растровой и оптической микроскопии, с помощью термодинамических расчетов растворения карбидных фаз и дюрOMETрического анализа установлены оптимальные температуры нагрева стали 26Х1МФА.

Ключевые слова: трубная сталь, аустенитное зерно, кинетика, твердость, размер зерна, микроструктура, карбидообразующие элементы, коррозия.

A. A. Leontieva

**INFLUENCE OF HEATING TEMPERATURE
ON AUSTENITIC GRAIN SIZE OF PIPES**

Growth kinetics of austenite grains during the heating of steel 26H1MFA. Methods of scanning and optical microscopy, using thermodynamic calculations of carbide dissolution phases and djurometricheskogo analysis of optimal temperature control steel 26H1MFA.

Key words: steel, austenitnoe grain, kinetics, hardness, grain size, microstructure, karbidoobrazujushhie elements, corrosion.

При обустройстве скважин для добычи нефти и газа необходимо укрепление так называемой эксплуатационной трубной колонны, через которую добываемое сырье поступает на поверхность. Одной из эффективных мер такого укрепления (снижения порога хладноломкости, увеличения коррозионной стойкости и повышения надежности работы) является создание мелкозернистой структуры.

Объектом исследования в данной работе являлись образцы стали 26Х1МФА, плавочный химический состав которой в массовых процентах на основе Fe приведен ниже, используемой для изготовления обсадных труб нефтепроводов.

Цель работы — изучение влияния температуры нагрева на размер аустенитного зерна трубной стали:

C.....0,26	Cr.....1,6	Mo.....0,43	V.....0,08	Mn.....0,62	Si.....0,25
Ni.....0,09	Ca.....0,0028	Al.....0,026	N ₂0,0110	P.....0,009	S.....0,006

Температура критических точек: $A_{c1} = 760\text{ }^{\circ}\text{C}$; $A_{c3} = 840\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Термическую обработку осуществляли путем нагрева отоженной стали в аустенитную область до температур 840, 890, 940, 990, 1030 и 1080 $^{\circ}\text{C}$, выдержки 30 мин для гомогенизации аустенита, последующего ускоренного охлаждения в воде.

На первом этапе работ изучено влияние температуры нагрева (840, 890, 940, 990 и 1050 $^{\circ}\text{C}$) стали 26Х1МФА на размер исходного аустенитного зерна.

Построены гистограммы распределения зерен по размеру, получена зависимость среднего условного диаметра аустенитного зерна стали 26Х1 МФА от температуры аустенизации (рис. 1).

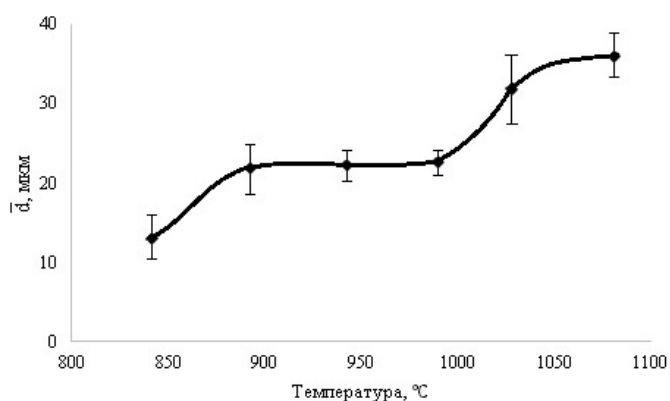


Рис. 1. Зависимость среднего условного диаметра аустенитного зерна стали 26Х1МФА от температуры нагрева

При увеличении температуры нагрева наблюдается рост зерна аустенита, что вызвано стремлением системы понизить поверхностную энергию путем уменьшения протяженности границ зерен. Это происходит из-за того, что устраняются «барьеры», образованные специальными карбидами, которые тормозят рост зерна с увеличением температуры нагрева.

Для детального объяснения причин роста аустенитного зерна при нагреве проведены термодинамические расчеты растворения карбидных частиц в стали 26Х1МФА.

Термодинамические условия равновесия карбидных фаз в твердом растворе позволяют определить равновесные концентрации элементов в твердом растворе, т. е. растворимость при данной температуре. Термодинамические условия растворения специальных карбидов в аустените характеризуются следующим уравнением [1]:

$$\ln N_{\text{Me}} N_X^n = \frac{\Delta G_{\text{Me}X_n}^\circ}{RT} - \ln \gamma_{\text{Me}} \gamma_X^n, \quad (1)$$

где N_{Me} и N_X — концентрация в мольных долях легирующего элемента Ме, углерода и азота X ; $\Delta G_{\text{Me}X_n}^\circ$ — свободная энергия образования соединения; γ_{Me} и γ_X — коэффициенты термодинамической активности Ме и X .

Для низколегированных сталей уравнение (1) можно представить в виде

$$\lg L_{\text{Me}X_n} = \lg [\% \text{Me}] [\% X]^n = - \left(\frac{Q}{T} \right) + C, \quad (2)$$

где $L_{\text{Me}X_n}$ — произведение растворимости или константа равновесия данного соединения; $[\% \text{Me}]$, $[\% X]$ — содержание Ме и X в аустените, мас. %; Q и C — постоянные, характеризующие соответственно карбид (нитрид) и сталь.

По литературным данным установлено, что в стали 26Х1МФА могут образовываться следующие типы карбидов: VC, Mo₂C и легированный цементит (FeCr)₃C.

В соответствии с уравнением (2) рассчитаны температуры растворения карбидных фаз в исследуемой стали 26Х1МФА, °С:

$$(\text{FeCr})_3\text{C} \dots\dots 740 \quad \text{Mo}_2\text{C} \dots\dots 842 \quad \text{VC} \dots\dots 1043$$

Следует отметить, что при перегреве выше температуры ~1040 °С можно ожидать начало активного роста аустенитного зерна.

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1. Изучена кинетика роста аустенитного зерна при нагреве стали. Установлено, что повышение температуры нагрева от 840 до 1080 °С приводит к увеличению среднего условного диаметра аустенитного зерна от 15 до 38 мкм.

2. Проведены термодинамические расчеты растворения карбидных частиц в стали 26Х1 МФА. Установлено, что температура растворения VC составляет 1043 °С, Mo₂C — 842 °С и (FeCr)₃C — 740 °С.

3. Изучено влияние температур аустенизации и ускоренного охлаждения на структуру и твердость стали 26Х1 МФА. Установлено, что в ре-

зультате ускоренного охлаждения формируется гетерогенная мартенситно-бейнитная структура.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гольдштейн М. И., Попов В. В. Растворимость фаз внедрения при термической обработке стали : учебник. М. : Металлургия, 1989. 199 с.